

ГЕОРАДАР ДЛЯ ПОШУКУ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ МЕТАЛІВ

Абрамович А. О., магістрант

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна*

Сучасний георадар — це складний геофізичний прилад для неруйнівного контролю неоднорідностей середовища. Існує велика кількість типів георадарів, які відрізняються за своїм призначенням. На ринку георадари представлені моделями різних виробників (*Minelab, Garrett, Tesoro, Fisher*), огляд яких надається в [1].

Кожен із георадарів має свою структуру, свої переваги та недоліки. Функціональна схема георадару визначається його призначенням: для пошуку чорних чи кольорових металів, розмінування, використання в археологічних та геологічних розвідках (для пошуку золотих самородків) та ін.

В основі роботи георадару лежить підповерхневе зондування — явище відбивання електромагнітної хвилі від межі поділу шарів з різною діелектричною чи магнітною проникністю. Такими межами є як геологічні об'єкти, так і локальні неоднорідності різної природи. Георадари з великою вірогідністю визначають цю неоднорідність та глибину її залягання, але не можуть визначити склад неоднорідності, наприклад, це сталь чи золото. Тому виникла необхідність в створенні георадару вільного від цього недоліку.

На теперішній час для підповерхневого зондування використовуються радіолокаційні та вихрострумові способи визначення неоднорідностей і сучасні георадари будуються на одному із вказаних способів вимірювання.

В розробленому георадарі поєднано переваги радіолокаційного [2] та вихрострумового [3] способів ідентифікації неоднорідностей в одній системі, що дозволило підвищити вірогідність виявлення та провести класифікацію типу виявленої неоднорідності. Такий георадар побудовано за наступною структурною схемою (рис. 1).

Прийнятий антеною сигнал паралельно обробляється в радіолокаційному та вихрострумовому блоках, а після оцифровування

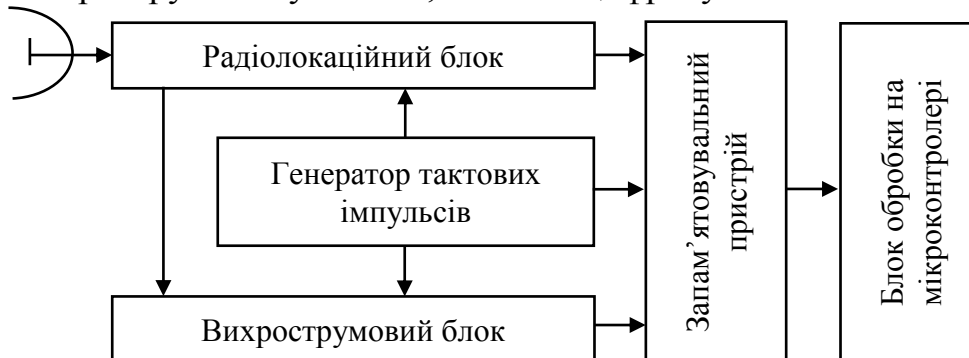


Рис. 1 Структурна схема радіолокаційно-вихрострумового георадара

сигнали записуються у пам'ять. Із пам'яті на мікроконтролер в блоці обробки поступають виборки сигналів із радіолокаційного та вихрострумowego блоків, де здійснюється почергова їх обробка з метою поєднання переваг двох різних способів.

Розглянемо роботу радіолокаційного блоку.

Якщо радіолокаційний сигнал описується дійсною функцією $s(t)$, то гармонічний склад сигналу в частотній області описується перетворенням

$$\text{Фур'є } S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-2\pi i f t} dt.$$

Спектр відбитого імпульсу $S^*(f)$ в частотній області відповідає виразу $S^*(f) = R(f) S(f)$. Запишемо відбитий сигнал у часовій області:

$$S^*(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\left(\sum_{j=1}^{\infty} r_{j,j+1} e^{2ik \int_0^z n(\tau, f) d\tau} \right) \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-2\pi i f t} dt \right] e^{2\pi i f t} df \quad (1)$$

Такий сигнал подається на вхід запам'ятовувального пристрою та вихрострумowego блоку, який і визначає тип металу.

Запишемо напругу $\bar{U}_{ВД}$, яка вноситься досліджуваною неоднорідністю у приймальну антену в вихрострумовому блоці.

$$\bar{U}_{ВД} = j\omega \mu_0 \pi N_D N_3 R_D \bar{I} \int_0^{\infty} \phi_1(x, \beta) J_1(x R_{3*}) J_1(x) e^{-x h_*} dx, \quad (2)$$

де N_D , N_3 — кількість витків у приймальній та у передавальній антені, $h_* = (h_3 + h_D)/R_3$, $R_{3*} = R_D/R_3$.

$$\phi_1(x, \beta) = \left(\mu_r - \sqrt{x^2 + j\beta^2} \right) / \left(\mu_r + \sqrt{x^2 + j\beta^2} \right),$$

де μ_r — відносна магнітна проникність, $x = \lambda R_3$, $\beta = R_3 \sqrt{\omega \mu_a \sigma}$, σ — провідність металу [4]. У формулі (2) замінимо струм у витку як напругу прийнятого сигналу на активному навантаженні, $\bar{I} = S^*/R$.

$$\bar{U}_{ВД} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \left[\left(\sum_{j=1}^{\infty} r_{j,j+1} e^{2ik \int_0^z n(\tau, f) d\tau} \right) \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-2\pi i f t} dt \right] e^{2\pi i f t} df}{R} \cdot j\omega \mu_0 \pi N_D N_3 R_D \int_0^{\infty} \phi_1(x, \beta) J_1(x R_{3*}) J_1(x) e^{-x h_*} dx \quad (3)$$

Таким чином напруга, що приходить у приймальну антену від об'єкта контролю, залежить від провідності металу [5].

Сигнал $\overline{U}_{вд}$ подається на вхід запам'ятовувального пристрою, а блок обробки на мікроконтролерному пристрої почергово зчитує сигнали з радіолокаційного та вихрострумowego блоків та обробляє їх.

Таким чином, поєднавши переваги радіолокаційного та вихрострумowego способів обробки сигналів, вдалося створити прилад, в основу функціонування котрого покладено новий метод виявлення сигналів, який відкриває шлях до розробки та застосування гібридних систем в геолокації.

Література

1. Абрамович А. О. Металодетектори / А. О. Абрамович, С. М. Дяченко // Вісник НТУУ "КПІ" Серія — Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2011. — № 46. — С. 186—193.
2. Jol M. H. Ground Penetrating Radar Theory and Applications / H. M. Joy. — Oxford GB. : Elsevier B.V., 2009. — 574с. — ISBN: 978-0-444-53348-7.
3. Неразрушающий контроль: в 5 т. Т. 3. Электромагнитный контроль: Практ. пособие / Под ред. В. В. Сухорукова — М. : Высш. шк., 1992. — 312с.
4. Вибрані аспекти математичної обробки сигналів георадарів / А. О. Абрамович: матеріали міжнар. наук.-техн. конф. ["Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи"], (Київ, 11–15 березня 2013 р.) / М-во освіти і науки, НТУУ "КПІ"; редкол.: О. І. Рибін [та ін.]. — Київ, НТУУ "КПІ", 2013.— 234 с.
5. Радіолокаційно-вихрострумовой метод обробки сигналів георадарів / А. О. Абрамович: матеріали наук.-техн. конф. ["Фізика, електроніка, електротехніка"], (Суми, 22–27 квіт. 2013 р.) / М-во освіти і науки, Сумський державний університет; редкол.: С.І. Проценко [та ін.].— Суми, Сумський державний університет, 2013.—191 с.

Анотація

Запропоновано розроблений автором георадар, в якому поєднано переваги радіолокаційного та вихрострумowego способів ідентифікації неоднорідностей в одній системі, що дозволило підвищити вірогідність виявлення та провести класифікацію виявленого металу.

Ключові слова: георадар, радіолокаційний спосіб, вихрострумовой спосіб.

Аннотация

Предложено разработанный автором георадар, объединяющий преимущества радиолокационного и вихретокового способов идентификации неоднородностей в одной системе, что позволило повысить вероятность обнаружения и провести классификацию обнаруженного металла.

Ключевые слова: георадар, радиолокационный способ, вихретоковый способ.

Abstract

A ground penetrating radar developed by the author, which combines the advantages of radar and eddy current methods of identification of irregularities in a single system, thus improving the probability of detection and make a classification of the detected metal.

Keywords: ground penetrating radar, the radar method, eddy current method.